

**А.М. Бровченко, инж., Т.Г. Сабирзянов, проф., д-р техн. наук, Г.Б. Филимонихин, проф., д-р техн. наук, И.Ф. Пономаренко, доц., канд. хим. наук**  
*Кировоградский национальный технический университет*

## **Исследование качества поверхности после размерной обработки высококоэрцитивных литых магнитных сплавов**

В статье приведены результаты электронно-микроскопического анализа поверхности литых магнитных сплавов типа АЛНИКО после осуществления абразивной, алмазно-электрохимической и алмазно-электроэрозионной обработки.  
**магнитные сплавы, размерная обработка, электронно-микроскопический анализ**

Характерной особенностью высококоэрцитивных магнитных сплавов является высокая склонность к хрупкому разрушению. Чем выше уровень магнитных характеристик магнитов, тем более хрупки магниты. Основными причинами высокой склонности к хрупкому разрушению магнитных сплавов являются: наличие высоконапряженной структуры распада, охрупченное состояние границ зерен, высокие термические напряжения. Основными причинами брака после осуществления алмазно-абразивной обработки магнитных сплавов являются прижеги сколы, трещины. Из-за трещинообразований, сколов и разрушения магнитов в процессе термомагнитной и размерной обработки брак составляет 20 -25%. Выход годных магнитов невелик и не превосходит 10 - 20% количества отлитых магнитов. В этой связи представляет научный и практический интерес поиск новых инженерных решений и разработка технологии бездефектной размерной обработки магнитов. С этой целью проведены производственные испытания по разрезке магнитных заготовок абразивным, электроэрозионным и алмазно-электрохимическим методами. Разрезку магнитных заготовок из сплава ЮН15ДК25БА осуществляли на станке ШАРМ-1 при вертикальной подаче 30мм/мин. Заготовки разрезали абразивным кругом 150 x1x32 14A17СТВ. Поверхность образцов магнитов была исследована с помощью растрового электронного микроскопа. РЕМ-106И. Структура магнитного сплава ЮН15ДК25 БА в высококоэрцитивном состоянии представлена на рис. 1. Образцы, имеющие характерные виды брака (сколы, прижеги и микротрещины) после осуществления абразивной разрезки магнитов представлены на рис. 2, а изображения поверхности магнитов после абразивной обработки представлены на рис. 3.

Установлено, что после осуществления разрезки абразивным кругом видны следы прохода абразивных зерен. Вследствие недостаточной остроты абразивных зерен происходит пластическое вытеснение материала за края борозды. Четко видны следы пластической деформации. Наличие больших удельных нагрузок сопровождается интенсивным локальным тепловыделением. Авторы работы [1] предполагают, что наличие в структуре обрабатываемого материала локальных неоднородностей (адиабатических границ) вызывает повышенную чувствительность данного материала к появлению шлифовочных дефектов. Локальные неоднородности в структуре играют роль термических сопротивлений препятствующих отводу тепла в глубинные слои изделия и способствующие концентрации тепла в поверхностном слое.

В магнитных сплавах неодинаковое распространение тепла и его концентрация связаны также с анизотропией теплофизических свойств материала в различных направлениях.

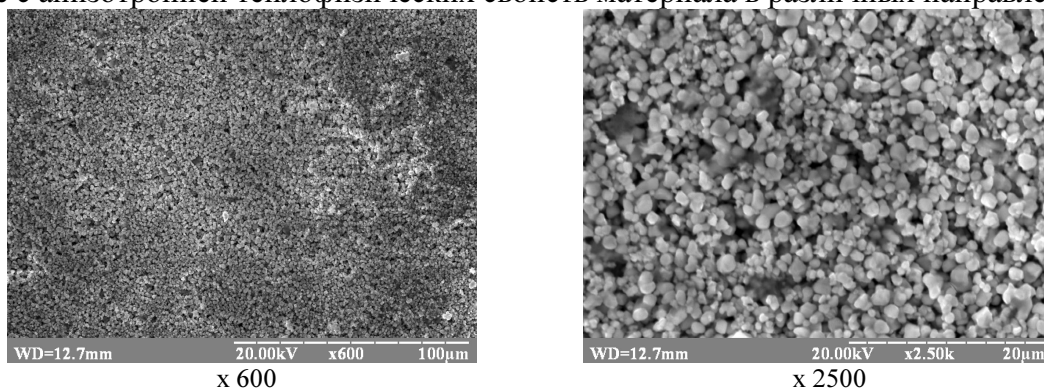


Рисунок 1 – Структура магнитного сплава ЮН15ДК25БА в высококоэрцитивном состоянии

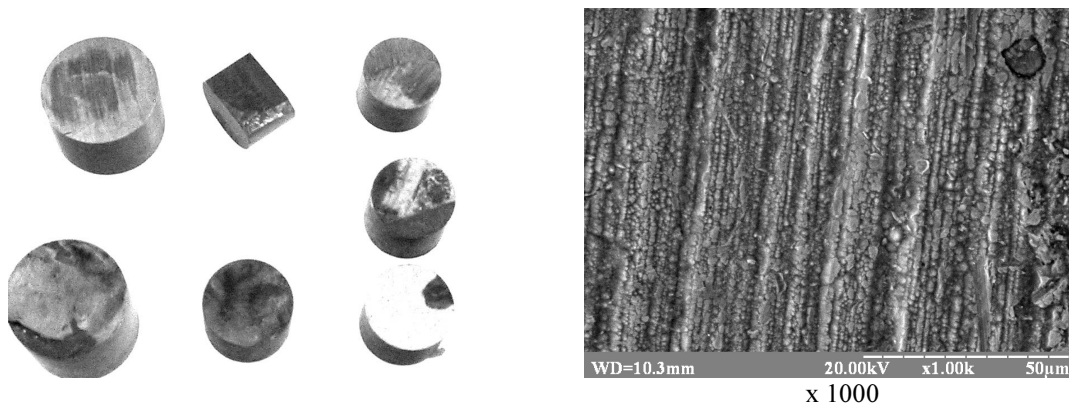


Рисунок 2 – Образцы магнитного сплава ЮН15ДК25БА после осуществления резки абразивным кругом

Рисунок 3 – Поверхность магнитного сплава в поле зрения электронного микроскопа после резки абразивным кругом

Исследования по резке образцов из магнитного сплава алмазно-электрохимическим методом проводили на станке 3А64М [2]. Резку проводили алмазными кругами 1А 1R 200 x1x32 AC6 125/100 M2-1 100%. Величина подачи на врезание 15 мм/мин. Образцы из магнитного сплава после резки алмазно-электрохимическим методом представлены на рис. 4.

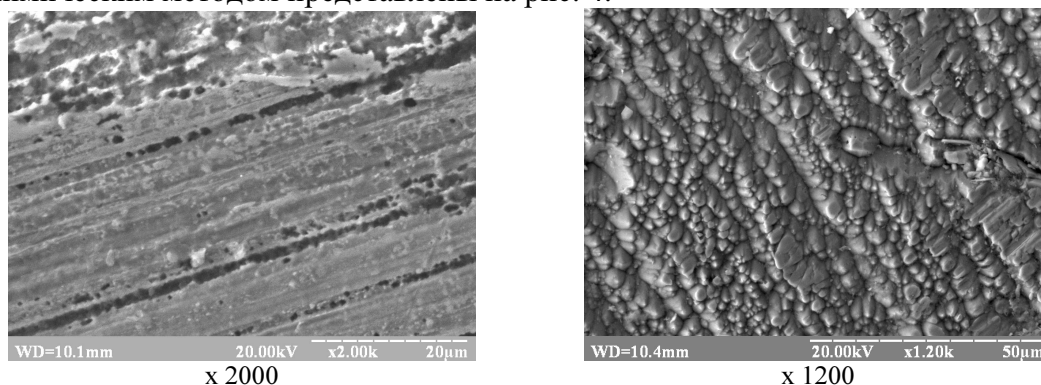


Рисунок 4 – Поверхность образцов из магнитного сплава ЮН15Д25БА после резки алмазно-электрохимическим способом

На рисунках видны участки, покрытые окисной пленкой. Обнаружены следы локального растворения твердого сплава. Можно констатировать, что резание происходит в более благоприятных условиях.

При большом увеличении видна структура магнитного сплава. Следы пластической деформации отсутствуют. Исследования качества поверхности при осуществлении алмазно-эрозионной резки проводили на станке ЛШ-128 [34]. Резку проводили алмазными кругами 1А 1R 200 x1x32 AC6 125/100 M2-1 100%. В электролите. Подача на врезание 15 мм/мин. Образцы из магнитного сплава после резки алмазно-электроэрозионным методом представлены на рис. 5.

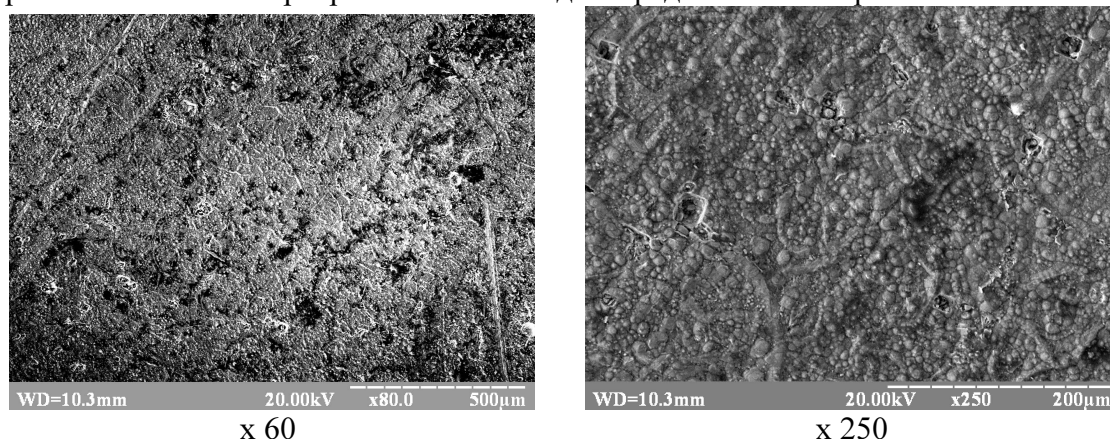


Рисунок 5 – Поверхность образцов из магнитного сплава ЮН15Д25БА после резки алмазно-электроэрозионным способом

Проведены промышленные испытания резки магнитов на станке HSG - TECHNOLOGIE, изготовленном в ФРГ. Заготовки магнитов разрезали кругами из эльбора при вращающейся заготовке [5]. Образцы магнитов после резки кругами на гальванической связке представлены на рис. 6.

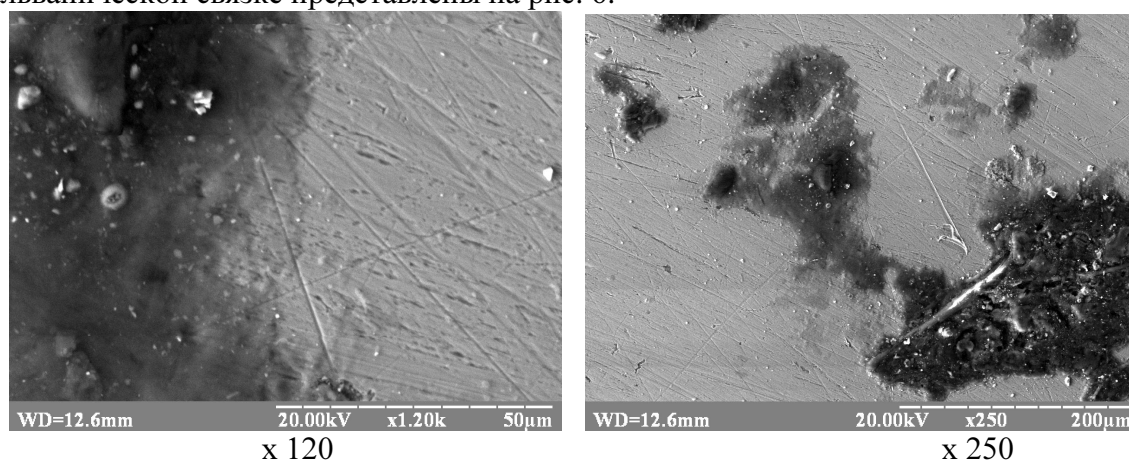


Рисунок 6 – Поверхность образцов магнитов из сплава ЮН15ДК25БА после обработки кругами на гальванической связке на станке HSG – TECHNOLOGIE

Электронно-микроскопический анализ показал, что обработка кругами на гальванической связке на оборудовании ФРГ обеспечивает значительное снижение шероховатости, при отсутствии сколов и микротрещин. Однако образования прижогов на обработанной поверхности избежать не удалось. Резка кругами на гальванической связки позволила обеспечить значительное улучшение качества обработки без снижения производительности. При это на порядок повысилась точность обработки и в десятки раз снижен расход алмазов. Однако полученные результаты не удовлетворяли производство при условии массового изготовлении деталей. Для условий массового производства был изготовлен специальный широкоуниверсальный

станок для резки магнитов ШАРМ -3, в котором резку заготовок осуществляли блоком высокоточных отрезных кругов.

Образцы магнитов из сплава ЮН15ДК25БА после резки кругами на гальванической связке на станке ШАРМ -3 представлены на рис. 7.

В результате электронно-микроскопического анализа поверхности образца из магнитного сплава ЮН15ДК25БА после резки установлено, что на поверхности отсутствуют следы пластической деформации. Рельеф поверхности образован преимущественно резанием. На поверхности отсутствуют навалы металла вокруг борозд.

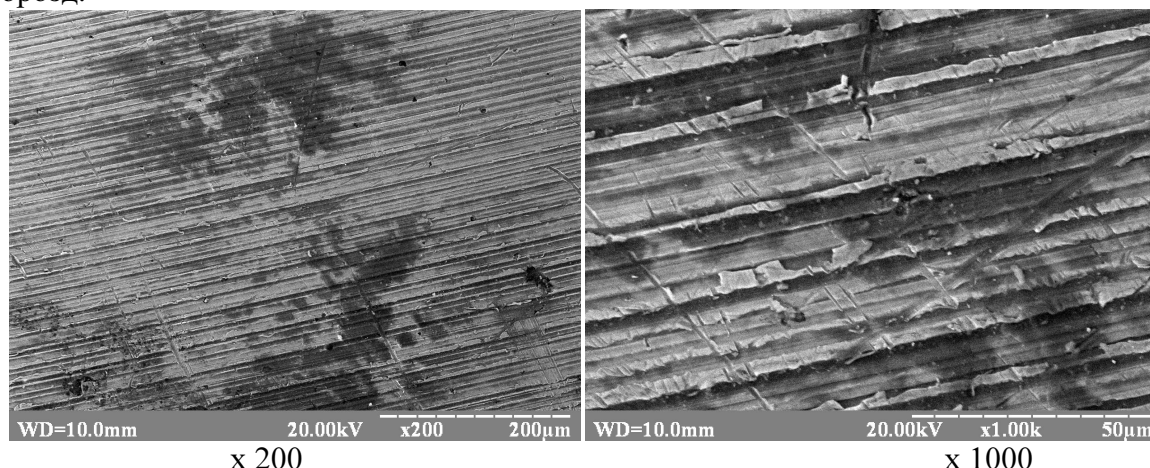


Рисунок 7 – Поверхность образцов из магнитного сплава ЮН15ДК25БА после резки кругами на гальванической связке на станке ШАРМ -3

На рис. 8 представлены заготовки магнитов после резки на станке HSG – TECHNOLOGIE и ШАРМ – 3.

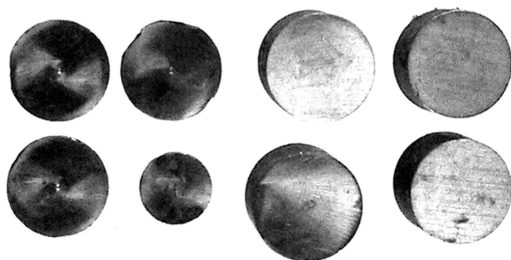


Рисунок 8 – Заготовки магнитов после резки на круга с станках: 1– HSG TECHNOLOGIE; 2– ШАРМ – 3 закреплением зерен

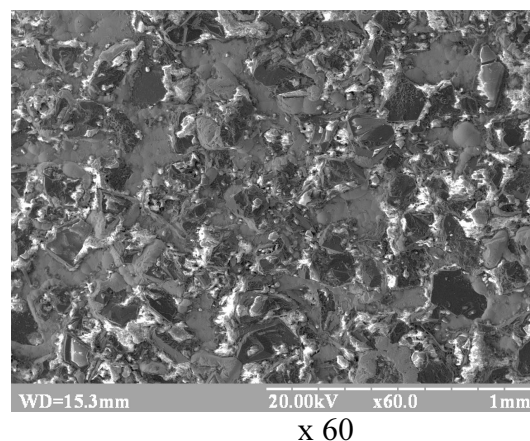


Рисунок 9 – Рабочая поверхность гальваническим

Экспериментально установлено, что на поверхности образцов после резки на станке ШАРМ–3 отсутствуют не только сколы и микротрещины, но и полностью устранены прижеги.

Это объясняется тем, что круги из высокопрочного кубического нитрида бора на гальванической связке имеют большее фактическое количество работающих зерен, припадающее на единицу площади. Зерна выступают на одинаковую высоту, и это обеспечивает эффективное резание независимо от изменения величины поперечной подачи. Использование смазочно-охлаждающей жидкости, имеющей в своем составе

мелкодисперсный графит способствует уменьшению затрат мощности на преодоление трения в зоне резания. Значительно улучшены условия теплоотвода, устранены причины возникновения локальных очагов высоких температур на обрабатываемой поверхности.

В результате осуществления размерной обработки образцов высококоэрцитивных магнитов из сплава ЮН15ДК25БА установлено следующее:

- осуществление резки образцов из магнитного сплава абразивным методом обеспечивает высокую производительность обработки при ее низком качестве, что выражено в образовании прижогов, сколов и микротрещин на обрабатываемой поверхности. Поверхность образцов носит следы пластической деформации, течения и вытеснения металла, что свидетельствует о значительном вкладе силового фактора при осуществлении микрорезания;

- осуществление резки образцов из магнитного сплава алмазно-электрохимическим и алмазно-эрозионным методами обеспечивает высокое качество при невысокой производительности обработки. Резание осуществляется при незначительном силовом воздействии за счет растравливания и разупрочнения поверхности. Первоначальная структура магнитного сплава не нарушена, что благоприятно сказывается на сохранении магнитных свойств;

- осуществление резки образцов из магнитного сплава кругами на гальванической связке обеспечивает осуществление бездефектной обработки в сочетании с высокой производительностью, что подтверждается результатами электронно-микроскопического анализа поверхности образцов.

## Список литературы

1. А.В. Якимов, А. Н. Паршаков, В. И. Свищев, В.П. Ларшин. Управление процессом шлифования. К: Техніка. 1983. -183 с.
2. А.М. Бровченко, И.Ф. Пономаренко, Н.Г. Возна. /Металлографическое исследование структуры магнитных сплавов после термомагнитной обработки. // Наукові записки КДТУ. – Вип. 5. 2004. – С. 213-217.
3. А.М. Бровченко. Инструмент из КНБ на гальванической связке для резки высококоэрцитивных магнитов. Інструментальний світ.– №1.– 2003. – С. 11-13.
4. А.М. Бровченко. Оборудование и технология для высокоэффективной размерной обработки магнитных сплавов./ Мир техники. №1.– 2007. – С. 18-15.
5. А.М. Бровченко, В.В. Коваленко, М.Ф.Волченко. Алмазно-электрохимическая резка магнитов и твердых сплавов// Збірник наукових праць КДТУ "Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград. Вип. 13.– 2003. – С. 300-305.
6. А.М. Бровченко, И.Ф. Пономаренко. Размерная обработка твердых и магнитных сплавов инструментом на гальванических связках// Збірник наукових праць КДТУ "Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград. Вип. 13.– 2003. – С. 246-251.

В статті приведені результати електронно- мікроскопічного аналізу поверхності литих магнітних сплавів типу АЛНІКО після здійснення абразивної, алмазно –електролітичної і алмазно ерозійної обробки.

The article deals with the results of metallographic and electron -microscopic investigation of the structure of casting magnet alloys of ALNICO type after realiging of diamond - electrochemical and diamond - erosion treatment magnet alloys dimensions treatment electron - microscopic analysis